

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТВАЛОВ НА УРАЛЕ В ДЕВЯТОЙ ПЯТИЛЕТКЕ

Результаты систематических исследований биологического факультета Уральского университета по рекультивации промышленных отвалов за 1958—1969 гг. были обобщены в диссертации В. В. Тарчевского — основателя и первого научного руководителя лаборатории промышленной ботаники (Тарчевский, 1967, 1969), а также в обзорной статье Б. П. Колесникова и Г. М. Пикаловой (1970). В этот период основное внимание лаборатории было сосредоточено на обосновании самой проблемы биологической рекультивации промышленных отвалов и разработке ее методов, преимущественно на примере зольных и шлаковых отвалов тепловых электростанций; показано, что комплекс научных задач, разрабатываемых в связи с биологической рекультивацией отвалов, специфичен и оригинален. Это позволило В. В. Тарчевскому (1959) выделить в системе ботанических знаний особый раздел экспериментальной ботаники (и культурфитоценологии), названный им промышленной ботаникой. Такое предложение не встретило возражений, а Е. М. Лавренко (1971), расширяя его, высказался за отнесение научных проблем биологической рекультивации к проблематике намеченного им раздела биогеоценологии — индустриальной биогеоценологии. Ю. З. Кулагин (1972), в свою очередь, включил их в круг вопросов, разрабатываемых индустриальной экологией; по Ю. П. Бялловичу (1972), биологическую рекультивацию можно рассматривать как один из путей создания «инженерно-природных систем» методами фитомелиорации.

После 1969 г. разносторонние исследования по биологической рекультивации отвалов на Урале<sup>1</sup> развивались лабораторией про-

<sup>1</sup> В исследованиях 1970—1975 гг., помимо авторов статьи, участвовали С. В. Комов, Р. И. Ланина, С. Я. Левит, А. И. Лукьянец, М. В. Пасынкова, Г. С. Плошко, Н. Б. Руссак, Г. П. Серая, Э. Б. Терехова, И. А. Ужегова, И. И. Шилова, Ф. М. Шубин и многие студенты биофака Уральского университета, выполнявшие курсовые и дипломные работы по рекультивационной тематике. Всего по ней за отчетные годы защищено 44 дипломных работы.

мышленной ботаники и кафедрой геоботаники и почвоведения Уральского университета под руководством Б. П. Колесникова и велись в содружестве со вновь возникшими коллективами рекультиваторов при Институте горного дела Министерства черной металлургии СССР, Институте экологии растений и животных УНЦ АН СССР. Территориально работы проводились в разных частях Уральского экономического района и на смежных территориях Северо-Западного Казахстана (Кустанайская область). Изучались преимущественно отвалы угольной промышленности, черной и цветной металлургии, строительных материалов, теплоэнергетики. К настоящему времени разработаны проекты биологической рекультивации для 14 промышленных предприятий Урала, рекомендована преимущественно рекультивация сельскохозяйственного (кормовые травы) и лесохозяйственного направлений, в отдельных случаях предложено часть отвалов с успешным самовозобновлением сосны и березы оставить на самозарастание. Некоторые проекты рекультивации уже осуществляются, иногда при участии сотрудников лаборатории (трест «Вахрушевуголь», Соколовско-Сарбайский горно-обогатительный комбинат, Уральский алюминиевый завод). Кроме того, рекогносцировочно обследовано и частично изучено очень большое число отвалов различных промышленных предприятий, например, только по Свердловской области более 275, относящихся к 34 типам.

Полученные при этом фактические материалы и наблюдения потребовали систематизации и некоторого теоретического обобщения. Лишь частично это сделано в статье Б. П. Колесникова (1974), предшествующем (III) и настоящем (IV) выпусках сборника «Растения и промышленная среда», докладах к V (Бургаз, НРБ—1973) и VI (Донецк, СССР—1976) симпозиумам СЭВ по проблеме «Разработка способов рекультивации ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью» (Колесников, Пикалова, Махонина, Чибрик, Левит, 1973; Колесников, Пикалова, Чибрик, Махонина, Шилова, 1976). В настоящей статье суммированы основные выводы из исследований лаборатории и кафедры за девятую пятилетку (1970—1975), имеющие общее значение.

Пространства, занятые промышленными отвалами, образованными из отходов производственной деятельности почти всех отраслей промышленности, добывающей и перерабатывающей минеральное и отчасти органическое сырье, а также коммунального хозяйства, нами относятся к особому типу техногенных (антропогенных по Ф. Н. Милькову, 1970) ландшафтов, характерных для современной эпохи научно-технической революции (Колесников, 1974). Они имеются во всех индустриальных районах мира, а если принять во внимание малые по размерам отвалы промышленности строительных материалов, то практически встречаются повсеместно. Ими заняты огромные площади (в Свердловской области около 60 тыс. га), которые расширяются чрезвычайно быстро, сокращая продуктивную земельную площадь, загрязняя окружаю-

щую среду и ухудшая ее состояние, обезображивая местность. Проблема планомерной оптимизации таких пространств с восстановлением их первоначальной социальной и экономической ценности и биологической продуктивности признана актуальной, что получило отражение во многих законодательных актах правительства СССР (Кириллин, 1972) и партийных решениях (Материалы XXV съезда КПСС, 1976).

Учитывая наблюдающийся в литературе некоторый разнобой в определении места биологической рекультивации в системе мер по улучшению состояния окружающей среды, сделано уточнение самого понятия «рекультивация промышленных отвалов» (Колесников, 1974; Колесников, Пикалова 1974; Колесников, Моторина, 1975, 1976). Подчеркнуто, что рекультивация является составной частью разнообразных мероприятий, имеющих целью оптимизацию окружающей среды и выполняемых в порядке реализации территориальных планов районной планировки и перспективных планов развития городов и населенных пунктов. Предложена, кроме того, новая многоступенчатая классификация отвалов, учитывающая в первую очередь их происхождение и качество субстратов, формирующих отвал, оцениваемый по степени пригодности их для биологической рекультивации (Колесников, Пикалова, 1974). В результате такого подхода к рекультивации в составе Научного Совета АН СССР по проблемам биогеоэкологии и охраны природы была создана секция техногенных ландшафтов, которая в 1974 г. провела на ВДНХ Всесоюзный семинар, посвященный обсуждению широкого круга вопросов рекультивации (Колесников, Моторина, 1976).

Развивая ранее высказанные соображения (Колесников, 1966; Моторина, Зайцев, 1970; Макунина, 1971), на примере Свердловской области лабораторией предложена схема построения детального биорекультивационного районирования с выделением зон актуальной и неактуальной рекультивации (Лукьянец, 1975; Колесников, Лукьянец, наст. сб.).

Однако основное внимание большинства сотрудников лаборатории было сконцентрировано вокруг комплексной госбюджетной научно-исследовательской темы «Закономерности формирования фитоценозов и почв на промышленных отвалах Урала», в ходе разработки которой выяснялись зонально-географические и экологические особенности образования на отвалах почвенно-растительного покрова и сопряженных с ним начальных этапов почвообразования. Были специально изучены разнотипные отвалы на пространстве от подзоны северной тайги (г. Полуночное, Свердловской области) до подзоны северной степи (г. Рудный, Кустанайской области). Материалы конкретных исследований публиковались лишь частично, более полно выяснено следующее.

1. Помимо бактерий, включая азотфиксирующие формы, что было установлено ранее Э. А. Штиной и ее учениками (Неганова, 1975; Бусыгина, 1976), на материалах лаборатории показано, что

на поверхности грунтов и субстратов многих (вероятно всех) типов отвалов с первого же года их образования поселяются почвенные водоросли. Среди них преобладают сине-зеленые, включая азотфиксаторы, преимущественно видов порядка Nostocales (Штина, Голлербах, 1976). Вместе с гетеротрофными микроорганизмами они постепенно формируют сложные бактериально-водорослевые микробиоценозы, кладущие начало накоплению в грунтах гумусовых соединений и усвояемого растениями азота. Очевидно, гипотезу акад. Б. Б. Полюнова (1956) о решающей роли почвенных водорослей и бактерий при формировании в естественных условиях первичных почвенных образований на скальных горных породах следует распространить и на техногенные по происхождению промышленные отвалы.

2. Кроме бактерий и водорослей, с момента формирования отвалов на них появляются отдельные виды высших цветковых растений, семенные зачатки которых заносятся из состава окружающей растительности. На отвалах, сложенных грунтами, нормальными по химическому составу и физическим свойствам для жизнедеятельности растений, они прочно закрепляются (Серая, Комов, 1974) и кладут начало процессу самозаращения, идущему последовательно по типу элементарных сингенетических сукцессий (Шенников, 1964). Самозаращение сочетается с параллельно развивающимися процессами выветривания грунтов и почвообразования.

При благоприятных условиях уже к 3—7-му году после образования отвалов в ряде случаев (чаще и быстрее в пределах лесной зоны и при достаточной влажности грунтов) формируются сложные растительные группировки, а к концу 2—началу 3-го десятилетия сингенез достигает стадии сомкнутого первичного фитоценоза, имеющего слабо выраженную подстилку и развивающегося на оформившейся первичной почве.

3. На отвалах, сложенных породами, содержащими достаточные количества подвижных форм калия и фосфора, достаточно увлажняемых и с рН, близкой к нейтральной, начало почвообразования химическим путем можно обнаружить уже на 2—3-м году (по характерному послойному распределению подвижных форм калия и фосфора, по накоплению углерода и азота), а гумусовый горизонт А<sub>1</sub> морфологически обособляется на 5—10-м году существования отвала. После 15—20 лет скорость накопления гумуса и азота существенно замедляется и в последующем почвообразование идет малозаметно. Гумусовые вещества первичных примитивных почв по строению отличаются от веществ окружающих естественных (зональных) почв в сходных экологических условиях, но близки к ним (данные Г. И. Махониной).

4. Эффективность самозаращения и почвообразования во многом зависит от параметров отвалов (высота, размеры, расстояние от источников обсеменения), определяющих доступность их поверхности для семенных зачатков и спор растений с прилегающих

пространств. На высоких отвалах, на их крутых склонах и положительных формах микрорельефа, подверженных эрозии (водной и ветровой), а также в центре отвалов самозарастание всегда идет хуже и медленнее, чем на низких, с пологими склонами и малых размеров, особенно если они окружены близко расположенной и хорошо сохранившейся естественной растительностью. Выпас домашнего скота на отвалах, хотя и сопровождается заносом семян некоторых видов растений (преимущественно сорных), всегда вреден для самозарастания, способен надолго задержать его развитие, резко снижает продуктивность возникающих фитоценозов, тормозит почвообразование.

5. Аналогичные закономерности, в принципе, характерны и для отвалов, образованных субстратами, пригодными для произрастания высших цветковых растений, но испытавших химическую или термическую переработку (золы, шлаки, шламы, хвосты) — класс отвалов II по нашей упомянутой классификации. Но неблагоприятные физические свойства таких субстратов (пылеватость, слабая эрозийная устойчивость, изменчивый водный режим) сдерживают самозарастание. Оно идет медленно, и в ходе его формируются очень низкопродуктивные маловидовые фитоценозы лугопустошного (лесная зона) или сухостепного (северная степь и лесостепь) характера.

Из-за особо вредоносного влияния таких отвалов на окружающую среду (пыльные бури) они нуждаются в первоочередной рекультивации с покрытием сомкнутым травяным покровом (дернина). Наиболее целесообразно создание культурфитоценозов сенокосного использования с посевом культурных кормовых трав (костер, регнерия, житняк, овсяница, люцерна, донник, эспарцет) после нанесения на поверхность отвала тонкого слоя (от 2—5 см) почвенного гумуса или плодородного почвогрунта («землевания»). Опыт Урала и обследование нескольких золоотвалов ТЭЦ и ГРЭС в Европейской части СССР (Донбасс, Тульская область, Ленинград) показали, что созданные в таких условиях искусственные сенокосы обладают удовлетворительной продуктивностью (17—28 ц/га сухой массы), равноценной и даже превышающей продуктивность естественных лугов той же зоны. Однако посевы на золоотвалах неустойчивы, не выносятся даже кратковременного пастбищного использования, нуждаются в постоянном агротехническом уходе (внесение удобрений, подсев трав, периодическое орошение). При отсутствии ухода или после выпаса скота подобные культурфитоценозы на золоотвалах быстро деградируют до уровня низкопродуктивных засоренных пастбищ, частично разрушаются и вновь оказываются уязвимыми для эрозии.

6. Сложным и трудным объектом рекультивации являются отвалы, образованные грунтами и субстратами с высокой степенью засоренности, резко кислой или щелочной средой, с содержанием фитотоксичных соединений. К ним относятся шламы и флотационные хвосты предприятий цветной и иногда черной металлургии,

серосодержащие (пирит) породные отвалы угольной промышленности. На них возникают своеобразные «техногенные» солонцы и солончаки с выцветами солей на поверхности (Шилова, 1972), на которых в лучшем случае растут редкие группы сведы (*Suaeda corniculata*), кусты кохии (*Kochia prustrata*) и солянок. Сомкнутые фитоценозы в течение многих лет не образуются. Такие отвалы нуждаются в коренной мелиорации путем покрытия поверхности слоем плодородной почвы (грунта) мощностью не менее 50 см, отделенного от соленосного шлама экранирующим слоем из грунта, способного прервать капиллярный подъем влаги из фитотоксичного тела отвала. Кроме того, необходим постоянный агротехнический уход за посевами, созданными на насыпном почвогрунте. В опытных работах на отвалах красного шлама Уральского алюминиевого завода (И. И. Шилова, Н. Б. Руссак, Г. С. Плоско) с посевом кормовых трав на подобном образе мелиорированной поверхности были получены обнадеживающие результаты. То же было получено в делячных опытах на отвалах вольфрамового и молибденовых производств в Сорске и Джиде (Восточная Сибирь). Однако делать из этих данных окончательные выводы преждевременно: необходимы дальнейшие наблюдения и постановка дополнительных многовариантных опытных исследований.

В десятой пятилетке лаборатория промышленной ботаники намерена расширить исследования по теме «Теория и методика создания устойчивых биогеоценозов на промышленных отвалах, выработках, карьерах и других нарушенных территориях», координируемой Научным Советом АН СССР по проблемам биогеоценологии и охраны природы и Головным советом Минвуза РСФСР по комплексной программе «Человек и окружающая среда. Проблемы охраны природы».

## ЛИТЕРАТУРА

Бяловитч Ю. П., 1970. О некоторых биогеоценологических основах общей теории мелиорации. «Тр. МОИП», т. 38. М.

Бусыгина Е. А., 1976. Развитие почвенных водорослей на мелиорированных выработанных торфяниках в зависимости от их водного режима. Автореф. канд. дис. Л.

Колесников Б. П., 1966. Природоохранительное районирование Урала. «Тр. МОИП», т. 18, М., 270—280.

Колесников Б. П., 1974. Рекультивация промышленных отвалов. В сб.: «Человек и среда обитания». Л., 220—232.

Колесников Б. П., Моторина Л. В., 1975. Проблемы рекультивации земель. «Природа», № 4, 61—69.

Колесников Б. П., Пикалова Г. М., 1970. Некоторые результаты работ лаборатории промышленной ботаники Уральского университета по фитомелиорации промышленных отвалов. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск, 89—98.

Колесников Б. П., Пикалова Г. М., Махонина Г. И., Чибрик Т. С., Левит С. Я., 1973. Рекультивация на Урале. В сб. «V симпозиум СЭВ. Разработка способов рекультивации ландшафта, нарушенного промышленной деятельностью». София, 88—93.

Колесников Б. П., Пикалова Г. М., 1974. К вопросу о классификации промышленных отвалов, как компонентов техногенных ландшафтов. В сб. «Растения и промышленная среда», вып. 3. Свердловск, 3—28.

Колесников Б. П., Пикалова Г. М., Чибрик Т. С., Махонина Г. И., 1976. Исследования по рекультивации техногенных ландшафтов промышленных отвалов на Урале. В сб.: «VI симпозиум СЭВ». Донецк.

Кулагин Ю. З., 1971. Преадаптация растений и антропогенные факторы. «Журн. общей биологии», т. 32, № 5, 593—596.

Лавренко Е. М., 1971. Основные проблемы биогеоценологии и задачи биогеоценологических исследований в СССР. «Журн. общей биологии», т. 32, № 4, 395—408.

Лукьянец А. И., 1975. Естественное зарастание древесными растениями отвалов горнопромышленного Урала. Автореф. канд. дис. Свердловск, 33.

Макунина А. А., 1971. Ландшафты Урала. М., 157.

Милюков Ф. Н., 1970. Ландшафтная сфера Земли. М., 223.

Материалы XXV съезда КПСС. 1976. М.

Моторина Л. В., Зайцев Г. А., 1970. Определение вида биологической рекультивации и районирование рекультивационных работ. В сб.: «Физическая география», вып. 4. М.

Полынов Б. Б., 1956. Избранные труды. М.

Растения и промышленная среда, вып. 3. Свердловск, 1974.

Серая Г. П., Комов С. В., 1974. К вопросу об участии цветковых растений в начальном освоении и преобразовании зольного субстрата. В сб. «Растения и промышленная среда», вып. 3. Свердловск, 97—108.

Тарчевский В. В., 1959. Классификация ботанических наук. В сб. «Доклады совещания по общим вопросам биологии», Томск, 40—44.

Тарчевский В. В., 1969. К вопросу о выделении новой отрасли ботанических знаний — промышленной ботаники. В сб. «Охрана природы на Урале», вып. 7. Свердловск.

Тарчевский В. В., 1967. Закономерности формирования фитоценозов на промышленных отвалах. Автореф. докт. дис. Томск, 36.

Неганова Л. Б., 1975. Развитие почвенных водорослей на промышленных отвалах как первый этап их зарастания. Автореф. канд. дис. Свердловск.

Шенников Л. П., 1964. Введение в геоботанику. Л.

Шилова И. И., 1972. Формирование растительности и биологические особенности некоторых видов растений на шлаковых отвалах алюминиевых заводов Урала. Автореф. канд. дис. Свердловск.

Штина Э. А., Голлербах М. М., 1976. Экология почвенных водорослей. М., 143.